

SISTEMA PARA ANÁLISE DE DADOS HIDROLÓGICOS (SiADH) – MÓDULO PARA ANÁLISE E TRAÇADO DE CURVAS-CHAVE

Walszon Terllizzie Araújo Lopes^{1,2}; Gabriel Meldau Lemos¹; Maria Célia Alencar Machado da Silva¹; Rita de Cássia Cerqueira Condé de Piscoya¹ & Alessandro de Oliveira Gomes³*

Resumo – A análise de consistência de dados fluviométricos normalmente possui as seguintes fases: a) Análise de cotas; b) Análise de medições de descarga líquida e de perfis transversais; c) Análise e traçado de curvas-chave; d) Extrapolação de curvas-chave, tanto para o tramo inferior quanto para o tramo superior da curva-chave; e) Análise de vazões (Análise regional) e f) Preenchimento de falhas de cotas e/ou vazões. De todas essas fases, a mais importante é a de análise, traçado e extrapolação de curvas-chave, tendo em vista que a definição de eventuais relações cota-descarga inadequadas podem impactar de forma significativa as variáveis estatísticas das séries temporais de vazão. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar as principais características do módulo para análise, traçado e extrapolação de curvas-chave do Sistema para Análise de Dados Hidrológicos (SiADH), sistema computacional desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA), que tem o objetivo de facilitar e padronizar as análises de consistência de dados fluviométricos.

Palavras-Chave – Análise, traçado e extrapolação de curvas-chave; Ferramentas computacionais.

COMPUTATIONAL SYSTEM FOR HYDROLOGICAL DATA ANALYSIS (SiADH) – MODULE FOR RATING CURVE ANALYSIS AND DEVELOPMENT

Abstract – The streamflow data analysis usually has the following phases: a) Analysis of stages; b) Analysis of discharge measurements and cross-sectional profiles; c) Rating curve analysis and development; d) Extrapolation of rating curves, both for the lower and the upper limbs; e) Analysis of observed discharge (Regional analysis) and f) Stage and discharge filling gaps process. From all these phases, the most important is the rating curve analysis and development, considering that the definition of possible unappropriated stage-discharge relationships can significantly affect the statistical variables of the discharge time series. In this sense, the objective of this work is to present the main characteristics of the module for rating curve analysis and development of the System for Hydrological Data Analysis (SiADH), a computational system developed by the Brazilian National Water Agency (ANA) to facilitate and standardize streamflow data analysis.

Keywords – Rating curve analysis, development and extension; Computational tools.

1. INTRODUÇÃO

A análise de consistência de dados fluviométricos normalmente possui as seguintes fases: a) Análise de cotas; b) Análise de medições de descarga líquida e de perfis transversais; c) Análise e traçado de curvas-chave; d) Análise, traçado e extrapolação de curvas-chave, tanto para o tramo inferior quanto para o tramo superior da curva-chave; e) Análise de vazões (Análise regional); f) Preenchimento de falhas de cotas e/ou vazões.

De todas essas fases, a mais importante é a de análise, traçado e extrapolação de curvas-chave, tendo em vista que a definição de eventuais relações cota-descarga inadequadas podem impactar de forma significativa as variáveis estatísticas das séries temporais de vazão, seja sua média, mínima e máxima de longo período, podendo gerar impactos negativos em diversos estudos e projetos na área de recursos hídricos, tais como estudos relacionados a aproveitamentos hidrelétricos, à gestão dos recursos hídricos,

¹ Especialistas em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas – ANA. (walszon@ana.gov.br; gabriel.lemos@ana.gov.br; maria.silva@ana.gov.br; rita.piscoya@ana.gov.br).

² Professor do Instituto de Ensino Superior Planalto – IESPlan/DF, Dep. Eng. Civil. (walszon@yahoo.com).

³ Desenvolvedor de Sistemas, Cast Informática SA. (alessandro.gomes.df@gmail.com).

* Autor Correspondente.

ao planejamento e manejo integrados de bacias hidrográficas, saneamento básico, abastecimento público e industrial, navegação, irrigação, pecuária, previsão hidrológica, entre outros estudos de grande importância científica e socioeconômica, bem como de impacto ambiental, os quais fornecem subsídios à efetiva implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997.

Ferramentas computacionais que auxiliem a padronizar, sistematizar e facilitar análise, traçado e extrapolação de curvas-chave são bastante úteis e devem ser prioritariamente utilizadas.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar as principais características do módulo para análise, traçado e extrapolação de curvas-chave do Sistema para Análise de Dados Hidrológicos (SiADH), sistema computacional desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA), que tem o objetivo de facilitar e padronizar as análises de consistência de dados fluviométricos (Lopes et al., 2013).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Descrição Geral do Sistema

O Sistema para Análise de Dados Hidrológicos – SiADH é um aplicativo desenvolvido pela ANA na linguagem de programação Java 1.6 (J2EE). A sua descrição geral está apresentada em Lopes et al. (2013). Basicamente, o SiADH gera vários gráficos e tabelas referentes às análises de vazões e cotas que permitem ao usuário identificar inconsistências e possíveis incoerências nos dados hidrológicos armazenados em banco de dados no formato do Sistema para Gerenciamento de Dados Hidrológicos da ANA (Hidro 1.3).

2.2. Principais Análises Implementadas no SiADH relacionadas à Análise e Traçado de Curvas-chave

Os principais resultados gerados pelo SiADH relacionados à análise e traçado de curvas-chave são: a) 448-Planilha Excel para Análise e Traçado de Curva-chave; b) 449-Características das Curvas-Chave e c) 450-Curva-Chave.

A planilha Excel gerada no resultado nº 448 possui por volta de 60 abas com informações importantes para subsidiar a análise, traçado e extrapolação de curvas-chave. A descrição resumida das principais abas está apresentada na Tabela 1.

O resultado nº 449 apresenta os principais parâmetros que caracterizam as curvas-chave das estações em análise, tais como: coeficientes das equações potenciais utilizadas (a , h_0 e n), intervalo de cotas, período de validade, desvios absolutos médios, número de medições com desvios positivos e número de medições com desvios negativos, tanto em valores absolutos como em valores percentuais, tanto por período de validade de cada equação como para todo o período de observações.

O resultado nº 450 apresenta os gráficos de curva-chave na escala aritmética e bilogarítmica, gráficos de desvios versus cota e gráficos de desvios versus tempo para cada um dos períodos de validade de cada curva-chave e, adicionalmente, os mesmos tipos de gráficos considerando todas as curvas-chave ajustadas para todo o período de observações, conforme está apresentado na Figura 5, além de cotogramas referentes a cada período definido para cada curva-chave.

2.3. Metodologia para análise e traçado de curvas-chave

A determinação de curvas-chave normalmente é realizada buscando-se ajustar os pares de valores cota (h) x vazão (Q) a uma equação do tipo potencial, uma das formas mais utilizadas para representar a relação cota x descarga, segundo Jaccon e Cudo (1989), além de que tal forma de equação apresenta significado físico conforme está bem explicado em Rantz et al (1982). A equação potencial é apresentada da seguinte forma:

$$Q = a(h - h_0)^n \quad (1)$$

em que: Q é vazão em m^3/s ; h é o nível d'água em m (leitura na régua, cota); a , n e h_0 são constantes para a estação, a serem determinados; h_0 corresponde ao valor de h para vazão $Q = 0$.

Tabela 1. Principais abas² da planilha gerada pelo SiADH para análise e traçado de curvas-chave corresponde ao resultado nº 448.

Identificação: Planilha contendo os dados de identificação da estação, comum a todos os arquivos.
Cotas: Planilha contendo os dados resultantes da análise de cotas observadas da estação.
Perfis Transversais (1): Planilha contendo dados resumidos dos registros de levantamentos topográficos de perfis transversais de seções de medição de descarga líquida da estação.
Perfis Transversais (2): Planilha contendo dados completos dos registros de levantamentos topográficos de perfis transversais de seções de medição de descarga líquida da estação.
Perfis Transversais (3): Planilha contendo os principais elementos geométricos (área molhada, perímetro molhado, largura superficial, raio hidráulico, profundidade média) correspondentes aos registros de levantamentos topográficos de perfis transversais de seções de medição de descarga líquida da estação.
Perfis Transversais – gráfico: Gráfico com eixos ortogonais e escala aritmética, com distância nas abscissas e cotas nas ordenadas, com a representação dos perfis transversais das seções de medições de descarga líquida da estação, em escalas ajustadas para a melhor visualização em tela.
Medições de descarga: Planilha contendo os dados resumidos de medições de descarga líquida da estação.
Medições de descarga (2): Planilha contendo os dados e informações resumidos de medições de descarga líquida da estação. Nesta planilha são armazenados os resultados da análise de medições de descarga líquida. Também estão contidos nesta planilha os cálculos para a geração de gráficos necessários à aplicação de métodos de extrapolação de curvas-chave.
Medições de descarga (3): Planilha contendo os dados e informações resumidos de medições de descarga líquida da estação. Nesta planilha são armazenados os resultados da análise de medições de descarga líquida. Também estão contidos nesta planilha os cálculos para a geração de gráficos necessários à aplicação de métodos de extrapolação de curvas-chave considerando um perfil transversal selecionado pelo próprio sistema considerando aquele perfil com elementos geométricos que mais se aproxima da mediana dos elementos geométricos de todos os perfis transversais da estação em análise.
Hidro – Curvas-chave: Planilha contendo os dados resumidos das curvas-chave da estação, existentes no banco de dados institucional.
Hidro – Curva-chave – i de n: Planilhas contendo os dados completos e tabelas das “n” curvas-chave da estação, existentes no banco de dados institucional. Estas abas aparecem na quantidade correspondente às “n” curvas-chave, sendo uma aba para cada curva-chave.
Hidro – Curva-chave – Gráfico: Gráfico com eixos ortogonais e escala aritmética, contendo a representação das curvas-chave do repositório institucional no contexto da dispersão de pontos das medições de descarga líquida. Os gráficos possuem vazões nos eixos das abscissas e cotas nos eixos das ordenadas. As séries representadas neste gráfico possuem base de dados nas planilhas Hidro – Curva-chave – i de n.
Hidro – Curva-chave – Graf Log: Gráfico com eixos ortogonais e escala logarítmica, contendo a representação das curvas-chave do repositório institucional no contexto da dispersão de pontos das medições de descarga líquida. Os gráficos possuem vazões nos eixos das abscissas e cotas nos eixos das ordenadas. As séries representadas neste gráfico possuem base de dados nas planilhas Hidro – Curva-chave – i de n.
Curva-chave (Ajuste) (2, 3, ..., n): Planilhas contendo os dados das medições de descarga líquida e cálculos necessários ao ajuste e extrapolação de curvas-chave. Estas abas aparecem na quantidade correspondente às “n” curvas-chave, sendo, normalmente, uma aba para cada curva-chave ou ramo de curva-chave.
Curva-chave (Ajuste) – Graf (1, 2, 3, ..., “n”): Gráficos com eixos ortogonais e escala aritmética ou logarítmica, contendo a representação das curvas-chave ajustadas no contexto da dispersão de pontos das medições de descarga líquida. Alguns gráficos possuem ampliações dos ramos baixos, outros, da curva-chave como um todo. Além das curvas-chave também são apresentados os resultados das extrapolações pelos vários métodos empregados. Os gráficos possuem vazões nos eixos das abscissas e cotas nos eixos das ordenadas. As séries representadas neste gráfico possuem base de dados nas planilhas Curva-chave (Ajuste) (2, 3, ..., n).
Desvio x Tempo (2, 3, ..., “n”): Gráficos com eixos ortogonais e escala aritmética com datas das medições de descarga líquida nas abscissas e desvios dos valores de vazão das medições em relação à curva-chave ajustada nas ordenadas. A quantidade de abas deste tipo de gráfico corresponde à quantidade de curvas-chave ajustadas para a estação. A base de dados destes gráficos são as planilhas Curva-chave (Ajuste) (n).
Desvio x Cota (2, 3, ..., “n”): Gráfico com eixos ortogonais e escala aritmética com cotas das medições de descarga líquida nas abscissas e desvios dos valores de vazão das medições em relação à curva-chave ajustada nas ordenadas. A quantidade de abas deste tipo de gráfico corresponde à quantidade de curvas-chave ajustadas para a estação. A base de dados destes gráficos são as planilhas Curva-chave (Ajuste) (n).
Curva-Chave – Método Analítico: Planilha contendo os dados de medições de descarga líquida e cálculos necessários ao ajuste de curvas-chave pelo método analítico – ajuste da curva-chave a partir de três pontos arbitrados.
Cota x Vazão – Método Analítico: Gráfico com eixos ortogonais e escala aritmética com a representação da curva-chave ajustada pelo método analítico no contexto das cotas das medições de descarga líquida nas abscissas e vazões nas ordenadas. A base de dados deste gráfico é a planilha Curva-Chave – Método Analítico.
Desvio x Cota – Método Analítico: Gráfico com eixos ortogonais e escala aritmética com cotas das medições de descarga líquida nas abscissas e desvios dos valores de vazão das medições em relação à curva-chave ajustada pelo método analítico nas ordenadas. A base de dados deste gráfico é a planilha Curva-Chave – Método Analítico.
Desvio x Tempo – Método Analítico: Gráfico com eixos ortogonais e escala aritmética com datas das medições de descarga líquida nas abscissas e desvios dos valores de vazão das medições em relação à curva-chave ajustada pelo método analítico nas ordenadas. A base de dados deste gráfico é a planilha Curva-Chave – Método Analítico.

Para a estimativa do valor inicial do coeficiente h_0 , pode ser utilizado o Método Analítico (Método de Johnson), conforme descrito em Rantz et al (1982). Para a obtenção dos parâmetros das equações das curvas-chave por meio do SiADH, utiliza-se, como ferramenta computacional, o Solver do Microsoft Excel, por meio do qual são obtidos os valores de a , h_0 e n (Equação 1). Os parâmetros da equação potencial são obtidos de forma que a soma dos quadrados dos desvios seja mínima ou, alternativamente, a média dos desvios absolutos seja minimizada, de modo a aproximar, ao máximo, os valores de vazão calculados aos valores reais medidos.

O desvio é a diferença percentual entre os valores de vazão calculados e medidos, conforme a seguinte expressão:

$$Desvio (\%) = \left(\frac{Q_{calc} - Q_{med}}{Q_{med}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

onde Q_{calc} é a vazão calculada e Q_{med} é a vazão medida. Utilizando a Eq. (2) nessa forma, valores positivos de desvios indicam superestimativas de vazões pela respectiva curva-chave e, conseqüentemente, valores negativos indicam subestimativas de vazões.

² Foram omitidas, dentre outras, as seguintes abas: A.V x Q; Área x Cota; Velocidade x Cota; Prof. Média x Cota; A.Raiz (Rh) x Cota; A.Rh^(2div3) x Cota; Vazão x A.Rh^(2div3); Cota x Q div A.Rh^(2div3); Cota x Raiz (I); Cota x Vazão e Vazão x Cota.

Na validação de curvas-chave, a ANA utiliza os seguintes critérios/fatores: a) Distribuição uniforme dos desvios nos gráficos de desvio versus cota, o que indicaria igual distribuição de pontos nos dois lados da curva; b) Distribuição uniforme dos desvios nos gráficos de desvio versus tempo, o que indicaria que a curva-chave é adequada para todo seu período de validade; c) Desvio absoluto médio; d) Número de medições com desvios positivos e número de medições com desvios negativos, tanto em valores absolutos quanto em percentuais; e) Análise visual das curvas-chave traçadas, tanto em escala aritmética quando em escala bilogarítmica. O último gráfico é particularmente útil para análise do ajuste da curva proposta às medições em águas baixas; f) Compatibilidade entre as curvas-chave traçadas, principalmente em relação à convergência dos ramos superiores, se for o caso³.

Para a extrapolação do tramo superior da curva-chave utilizando o SiADH, podem ser utilizados os métodos Logarítmico, Área x Velocidade, Stevens (Chézy), Stevens (Manning), Manning, Declividade-Conveyance. No que se refere ao tramo inferior das curvas-chave, é adotada extrapolação logarítmica utilizando a equação potencial, tramo este que pode ser melhor definido caso seja medida em campo, quando da medição de descarga líquida, a cota correspondente à vazão nula, o qual será uma estimativa do parâmetro h_0 para os casos onde haja controle hidráulico do tipo seção, sejam controles hidráulicos artificiais (vertedores/elevações de fundo do canal e calhas/estreitamentos) ou naturais (afloramentos de rochas; bancos de rocha, de pedra, de cascalho, de areia; restrições/estreitamentos naturais na largura do rio; quebra na inclinação do rio devido a uma cascata/corredeira, etc.).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Utilização do SiADH para análise e traçado de curvas-chave

O fluxograma utilizado pela ANA para análise e traçado de curvas-chave pode ser resumido da seguinte forma (Figura 1):

1. Inicialmente, deve-se gerar o resultado nº 448 (Planilha Excel para Análise e Traçado de Curva-chave) do SiADH.
2. Analisar as medições de descarga/vazão. Para verificar se a curva-chave está adequada ou precisa ser alterada, é necessário, inicialmente, avaliar se as medições de vazão estão corretas. Nesse caso, devem ser analisadas as seguintes abas da planilha (resultado nº 448 do SiADH): a) Área x Cota; b) Velocidade x Cota; c) Prof. Média x Cota; d) Cota x Vazão; e) $A.V \times Q$, o qual também correspondente ao resultado nº 426 (Vazão Versus Produto Área Molhada e Velocidade Média) do SiADH.
3. Caso seja necessário, deve-se avaliar, as respectivas fichas de medição de descarga líquida ou arquivos de medidores acústicos Doppler de forma a identificar e corrigir, se possível, eventuais erros. Pode ser utilizado o Sistema para Visualização de Fichas de Campo, disponível em <http://www.snirh.gov.br/VisualizadorWebLogic/> e no caso de arquivos de medidores acústicos, pode ser utilizado o Sistema QRev desenvolvido pelo *United States Geological Survey* – USGS (Mueller, 2016).
4. Analisar as curvas-chave que porventura já existam para a estação de interesse conforme critérios de validação apresentados no item 2.3.
5. Caso seja necessário atualizar e/ou alterar a curva-chave da estação de interesse. Deve-se traçar uma curva-chave única com um ou mais tramos para todo o período de medições de descarga utilizando o Método Analítico (Figura 2) ou buscando minimizar o desvio médio absoluto das medições de vazão em relação à curva-chave (Figura 3). Posteriormente, avaliar o gráfico de desvios versus tempo para verificar se a curva-chave está adequada. A Figura 4 indica que apesar do desvio absoluto médio ser pequeno (7%) e os desvios estarem uniformemente distribuídos com cotas, há claramente três períodos com diferentes relações cota-descarga indicados nos gráficos de desvios versus tempo. Todavia, para a mesma estação, a Figura 5 apresenta distribuição uniforme dos desvios nos gráficos de desvio versus tempo após o ajuste de diferentes relações cota-descarga para cada um dos três períodos identificados na Figura 4.

³ Quando houver alteração no nível do zero da régua, as curvas-chave de uma mesma estação para diferentes períodos teriam que ser mais ou menos paralelas umas às outras, principalmente nos seus tramos superiores. Nesse caso, para estações com curvas-chave estáveis, a alteração no nível do zero da régua implicaria somente na alteração do parâmetro " h_0 " da equação potencial normalmente utilizada para traçado de curvas-chave.

6. Para atualizar/traçar a curva-chave da estação de interesse, os seguintes resultados do SiADH devem ser gerados:
- 103-Cotas Médias Diárias Consolidadas-Brutas Versus Tempo. Verificar quais são os valores máximos e mínimos de cotas que devem ser considerados para definir a amplitude de cotas correspondente a cada curva-chave. Tais valores máximos e mínimos de cota são automaticamente obtidos das séries de dados brutos e consistidos de cotas e inseridos na planilha para ajuste de curvas-chave. A série temporal de cotas (cotagramas) também pode ser analisada na própria planilha.
 - 107-Perfil Transversal. Importante para os casos onde o controle hidráulico efetivo da estação é do tipo canal. Caso o controle hidráulico seja do tipo seção, o perfil transversal a ser analisado é o perfil transversal na seção de controle. Caso o controle seja uma combinação desses dois tipos, por exemplo, controle de seção para cotas baixas e controle de canal para cotas médias e altas, os perfis transversais tanto da seção de réguas (canal) quanto da seção de controle devem ser analisados.
 - 448-Planilha Excel para Análise e Traçado de Curva-chave.
 - 449-Características das Curvas-Chave. Avaliar os valores dos desvios (médios absolutos, positivos e negativos) para verificar se, dentre outros itens, eles estão igualmente distribuídos dos dois lados da curva-chave. Normalmente, procura-se traçar curvas-chave médias que dividiriam a quantidade de pontos (medições de vazão) em partes iguais, ou seja, 50% dos pontos localizados abaixo e acima da curva-chave média traçada, o que nem sempre é possível. Caso haja mais de 70% dos pontos de um lado da curva ou, conseqüentemente, menos de 30% de pontos de um lado da curva, tais curvas-chave serão marcadas em vermelho na planilha, indicando que a curva-chave em questão não representa bem a relação cota-descarga para o período relacionado, ou seja, as vazões calculadas pela curva-chave serão superestimadas (desvios positivos) ou subestimadas (desvios negativos) em demasia.
 - 450-Curva-Chave. Verificar os fatores constantes no item 2.3 anteriormente apresentado.

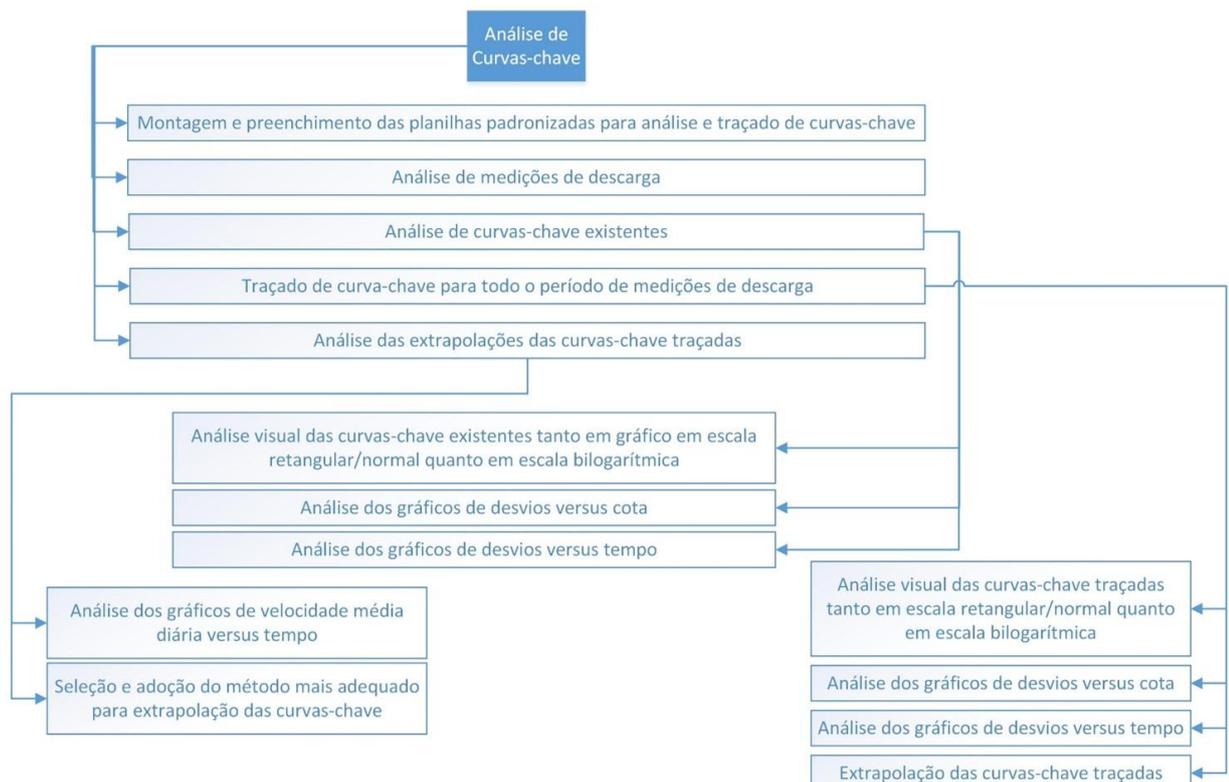


Figura 1. Fluxograma para análise de curvas-chave.

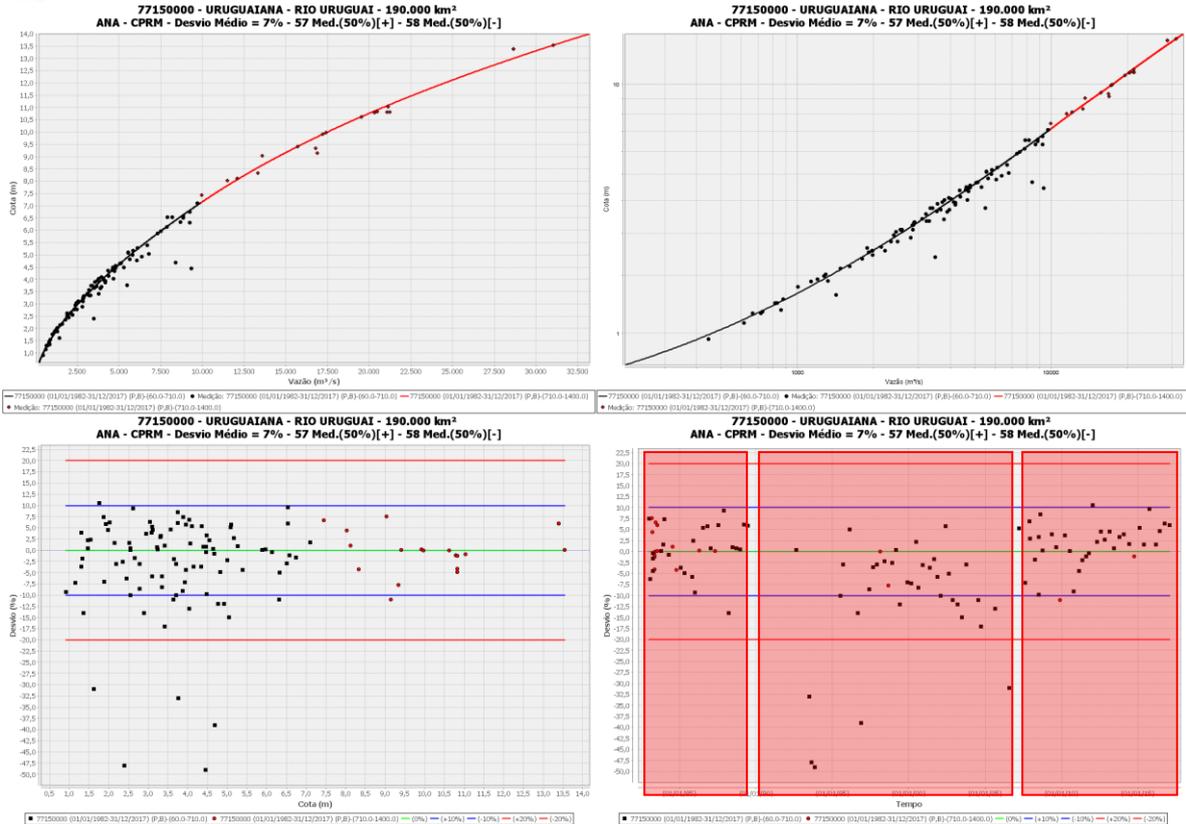


Figura 4. Exemplo de traçado de uma curva-chave única para todo o período de observações para a estação Uruguaiana (77150000) gerado no resultado nº 450 do SiADH indicando que apesar do desvio absoluto médio ser pequeno (7%) e os desvios estarem uniformemente distribuídos com cotas, há claramente três períodos com diferentes relações cota-descarga indicados no gráfico de desvios versus tempo.

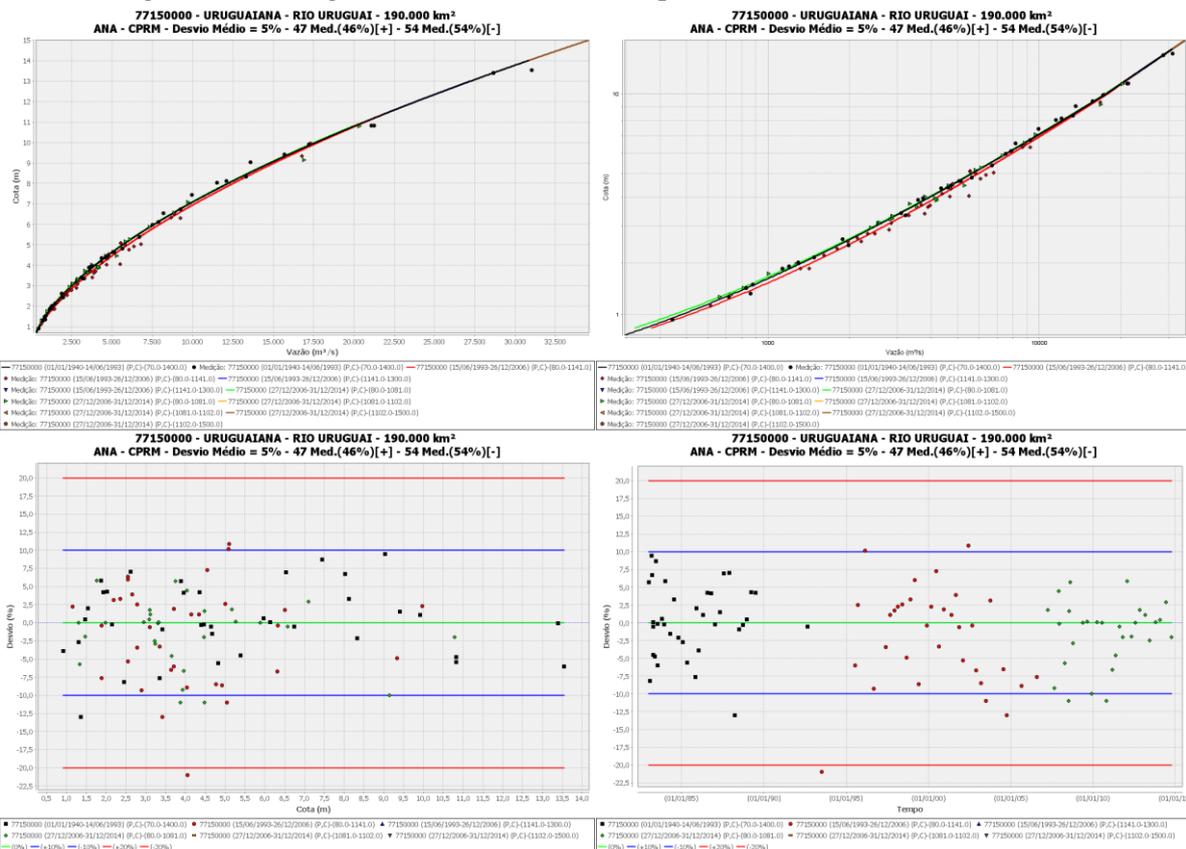


Figura 5. Exemplo de gráfico de curvas-chave da estação Uruguaiana (77150000) em escala aritmética, bilogarítmica, de desvios versus cota e de desvios versus tempo gerado no resultado nº 450 do SiADH.

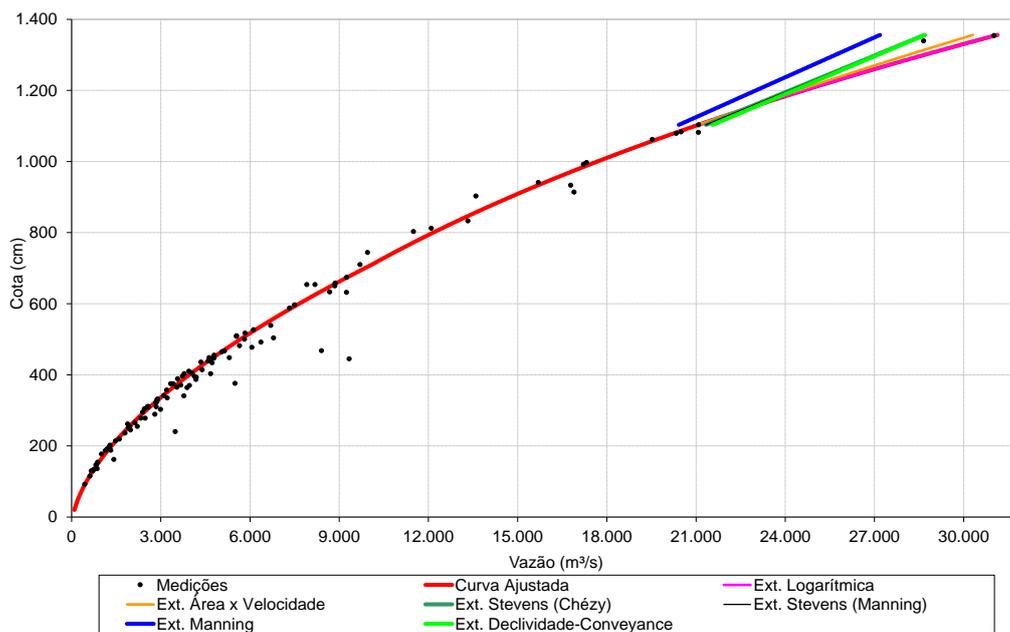


Figura 6. Curva-chave com o resultado da aplicação dos seis métodos de extrapolação implementados na planilha⁴.

4. CONCLUSÕES

a) Ferramentas computacionais que auxiliem a padronizar, sistematizar e facilitar a análise e traçado de curvas-chave são bastante úteis e devem ser prioritariamente utilizadas.

b) Os principais critérios e/ou fatores que devem ser observados quando da validação de curvas-chave são: 1) Distribuição uniforme dos desvios nos gráficos de desvio versus cota, o que indicaria igual distribuição de pontos nos dois lados da curva. 2) Distribuição uniforme dos desvios nos gráficos de desvio versus tempo, o que indicaria que a curva-chave é adequada para todo seu período de validade. 3) Desvio absoluto médio. 4) Número de medições com desvios positivos e número de medições com desvios negativos, tanto em valores absolutos quanto em percentuais. 5) Análise visual das curvas-chave traçadas, tanto em escala aritmética quanto em escala bilogarítmica. O último gráfico é particularmente útil para análise do ajuste da curva proposta às medições em águas baixas. 6) Compatibilidade entre as curvas-chave traçadas, principalmente em relação à convergência dos ramos superiores, se for o caso.

c) Por meio do resultado nº 448-Planilha Excel para Análise e Traçado de Curva-chave, pode-se definir facilmente o tramo extrapolado superior de curvas-chave aplicando seis diferentes métodos, permitindo a adoção do método mais adequado para cada situação levando-se em consideração o controle hidráulico efetivo em cada estação, dentre outros fatores.

5. REFERÊNCIAS

- JACCON, G.; CUDO, K.J. (1989) **Curva-chave. Análise e traçado**. Brasília: [s.n.].
- LOPES, W. T. A.; Lemos, G. M.; Silva, L. R. S.; Silva, M. C. A. M.; Piscocya, R. C. C. C.; Gome, A. O. & Santos, A. G. (2013). **Sistema para Análise de Dados Hidrológicos – SiADH**. In Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, Nov. 2013. Disponível em http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/385de6bc0406e5837c9279cda917d043_2051bc3789682f344b751f0509c3756a.pdf. Acesso em 13 jun. 2017.
- MUELLER, D.S. (2016). **QRev—Software for computation and quality assurance of acoustic Doppler current profiler moving-boat streamflow measurements - Technical manual for version 2.8**: U.S. Geological Survey Open-File Report, 2016–1068, 79 p., <http://dx.doi.org/10.3133/ofr20161068>.
- RANTZ, S.E. (1982). **Measurement and computation of streamflow: volume 2, computation of discharge**. [S.l.]: U.S. Government Printing Office. (Water supply paper series, 2175). Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2175/>. Acesso em: 23 ago. 2011.

⁴ Foram desconsideradas as duas medições realizadas acima da cota de 13 metros simplesmente a título de ilustração para apresentação dos tramos superiores extrapolados de acordo com cada um dos métodos implementados na planilha gerada no resultado nº 448 do SiADH.